

STUDI EKSPERIMEN TENTANG KARAKTERISTIK ALIRAN PADA SILINDER SIRKULAR YANG DIGANGGU OLEH PRISMA SEGITIGA SAMA SISI, PRISMA SEGIEMPAT SAMA SISI DAN SILINDER SIRKULAR

“Studi Kasus Untuk Variasi Jarak (S/D) = 0,9-1,15”

Salma Yhasmin¹⁾, Triyogi Yuwono²⁾

Lab Mekanika dan Mesin Fluida, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: yhasmin.salma@gmail.com¹⁾, triyogi@me.its.ac.id²⁾

Abstrak - Masalah dibidang aerodinamika dari beberapa struktur medan aliran telah sering mendapat perhatian dari para *engineer* dan *investigator* lainnya selama beberapa dekade. Berbagai penelitian yang berbeda menunjukkan bahwa konfigurasi aliran ini memiliki banyak aplikasi dibidang teknik dan masih tetap ada sebagai suatu tantangan dibidang mekanika fluida salah satu contoh permasalahan dalam kehidupan sehari-hari seperti bangunan lepas pantai, dermaga jembatan, menara, tiang, dll. Penelitian ini bertujuan bagaimana mengurangi gaya drag silinder sirkuler dengan cara memasang berbagai jenis bodi pengganggu, seperti prisma segi empat sama sisi diputar 0° (Tipe A), prisma segi empat sama sisi diputar 45° (Tipe B), segitiga prisma diputar 30° (Tipe C), prisma segitiga diputar 210° (Tipe D), dan silinder sirkuler (Tipe E). Penelitian ini dilakukan secara eksperimen pada sebuah *wind tunnel* jenis *subsonic open circuit* dengan panjang 1780 mm dan ukuran pada *test section wind tunnel* 660 mm x 660 mm kemudian untuk benda uji berupa silinder utama dengan ukuran diameter 60 mm dan 7,5 mm pada bodi pengganggu tipe A, tipe B, tipe C, tipe D, dan tipe E dengan variasi jarak $S/D = 0,90, 0,95, 1,00, 1,05, 1,10$ dan $1,15$. Kecepatan *freestream* pada *wind tunnel* diambil konstan pada 13,88 m/s pada saat dilakukan pengambilan data dengan *Reynolds Number* $5,3 \times 10^4$. Hal ini mengindikasikan bahwa silinder Tipe A pada jarak S/D 1,15 paling efektif dalam menurunkan gaya drag dibelakang silinder utama, penurunan sebesar 0,27 kali pada silinder tanpa pengganggu.

Kata kunci : pasif kontrol, drag, prisma segitiga sama sisi, prisma segi empat sama sisi, dan silinder sirkular.

1 PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan dan teknologi selalu berkembang dan mengalami kemajuan, sesuai dengan perkembangan zaman dan perkembangan cara berpikir manusia. Kehidupan manusia yang tidak terlepas dari fluida seperti udara. Fluida yang melintasi suatu bentuk pasti memiliki efek atau gejala yang berbeda-beda tergantung dimensi suatu benda. Banyak aplikasi dari penelitian ini dalam kehidupan sehari-hari seperti pondasi bangunan dilaut offshore, jembatan, gedung

pencakar langit, kendaraan, dan konstruksi bangunan yang lainnya. Gaya drag yang ditimbulkan pada suatu bodi yang dialiri fluida sering kali merugikan dan sebisa mungkin untuk diminimalisasi. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk meminimalisasi gaya drag tersebut adalah dengan memberikan bodi pengganggu didepan silinder utama. Selain itu gaya drag yang timbul dapat diminimalisasi dengan cara melakukan pengontrolan pada *boundary layer*. Pada fenomena terjadinya peristiwa separasi dimana momentum fluida sudah tidak dapat menahan tegangan geser dan tekanan balik (*adverse pressure gradient*) sehingga menyebabkan terbentuknya daerah bertekanan rendah akibat terpisahnya *boundary layer* atas dan *boundary layer* bawah. Apabila *wake* semakin besar maka gaya drag yang timbul juga semakin besar, sebaliknya apabila *wake* diperkecil maka gaya drag juga akan menurun.

Penelitian Triyogi et al (2009) menggunakan silinder pengganggu tipe-I dengan variasi sudut iris dari 0° sampai 65° yang diposisikan di depan silinder sirkular utama dengan bilangan *Reynolds* $5,3 \times 10^4$. Pengurangan sudut iris yang efektif adalah silinder teriris dengan sudut iris 65°. Besar pengurangan gaya drag yang dihasilkan mencapai 52% dibandingkan dengan gaya drag silinder tunggal.

Penelitian Tsutsui dan Igarashi (2002) memberikan korelasi antara bilangan Strouhal dan bilangan Reynolds yaitu didapatkan kesimpulan berupa peningkatan bilangan Strouhal dengan adanya pertambahan perbandingan diameter (d/D) dan pertambahan bilangan Reynolds diatas 3×10^4 , titik separasi akan bergeser semakin cepat, tebal *Shear Layer* berkurang, maka bilangan Strouhal akan meningkat.

Menurut Rizal (2010), melakukan penelitian dengan menggunakan pengganggu silinder teriris tipe I yang diletakkan didepan silinder utama sirkuler pada jarak S . Pada penelitian ini bilangan Strouhal diukur menggunakan *hot wire anemometer* (HWA) *single normal probe*. Didapatkan hasil bahwa bilangan Strouhal (St) menurun bila jarak S/D bertambah hingga pada $S/D = 1,375$ bilangan Strouhal (St) mencapai nilai terendah, setelah itu bilangan Strouhal (St) akan naik bila S/D diperbesar.

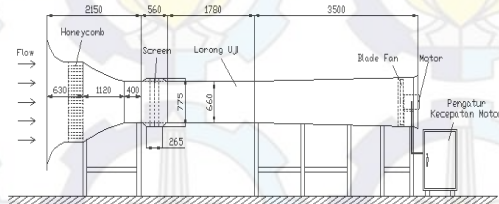
Menurut Stern (2009), karakteristik aliran fluida dengan 5 jenis body pengganggu yaitu tipe A (segiempat sama sisi diputar 0°), tipe B (segiempat sama sisi diputar 45°), tipe C (segitiga sama sisi diputar 30°), tipe D (segitiga sama sisi diputar 210°), dan tipe E (silinder pejal) memiliki

koefisien drag yang berbeda-beda, jika diurutkan dari yang terbesar hingga terkecil didapat type A, D, B, C, dan E yaitu 2,1; 2; 1,6; 1,6; dan 1,2.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan silinder utama sirkuler berdiameter (D)= 60 mm, yang diganggu oleh 5 tipe silinder pengganggu yaitu tipe A (segiempat sama sisi diputar 0°), tipe B (segiempat sama sisi diputar 45°), tipe C (segitiga sama sisi diputar 30°), tipe D (segitiga sama sisi diputar 210°), dan tipe E (silinder pejal), dengan panjang rusuk 7,5 mm. Konfigurasi kedua silinder diletakkan didalam sebuah wind tunnel yang dialiri udara pada bilangan $Re = 5,3 \times 10^4$. Distribusi tekanan pada silinder utama diukur untuk mengetahui distribusi koefisien tekanan (C_p) dan koefisien pressure drag (C_{Dp}), untuk frekuensi vortex shedding diukur dengan menggunakan hot wire anemometer (HWA).

II METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan *wind tunnel* jenis *open circuit* untuk menguji benda dalam skala model, dimana udara yang dialirkan ke dalamnya langsung bebas dilepas ke udara bebas setelah melalui *test section*. *Wind tunnel* ini digolongkan sebagai *subsonic wind tunnel* karena kecepatan udaranya maksimal hanya 21 m/s dan Mach number-nya kurang dari 0,9. *Wind tunnel* ini berukuran 660 mm \times 660 mm dan panjang 1780 mm. *Wind tunnel* yang digunakan ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Skema dan dimensi *wind tunnel*

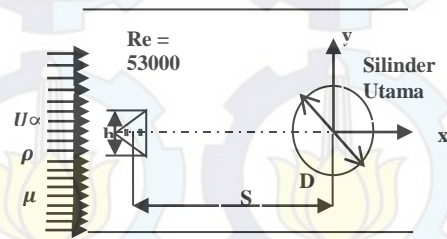
Penelitian ini menggunakan benda uji berupa silinder sirkular ($D=60$ mm) yang tersusun secara tandem dengan *bluff body* pada *test section*, *bluff body* divariasikan menjadi 5 tipe pengganggu (tipe A, B, C, D dan E) dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Geometri *bluff body*

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran tekanan di sekeliling kontur silinder sirkular ($D=60$ mm) yang terbuat dari PVC, dengan wall pressure tap yang dipasang disekeliling silinder sebanyak 72 titik dengan jarak 5° pada

setiap sudutnya dan pengukuran *velocity profile* di belakang susunan silinder dengan jarak rasio $x/D = 3$ menggunakan Pitot Static Tube dimana skema penelitian dapat dilihat pada gambar 3.



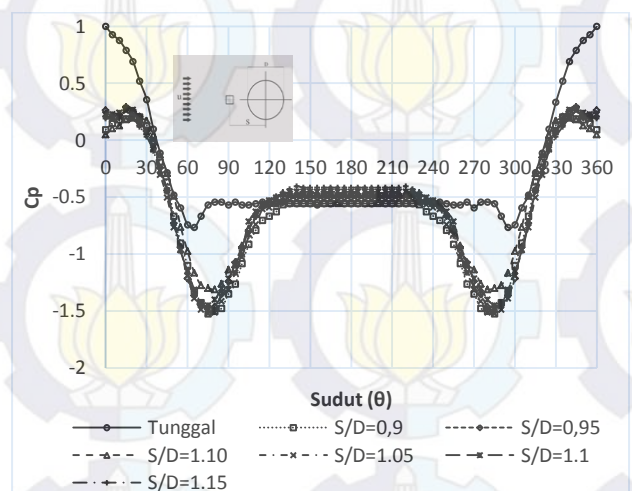
Gambar 3 Skema penelitian untuk silinder berpengganggu prisma segitiga (dipandang dari atas)

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur tekanan adalah pressure transducer, sehingga perlu dilakukan validasi terlebih dahulu antara pressure transducer dengan manometer. Dalam proses validasi, bagian *static hole* pada pitot static tube dihubungkan dengan percabangan dua pipa dimana pipa pertama dihubungkan dengan inclined manometer dan pipa kedua dihubungkan pressure transducer untuk low. Sedangkan bagian *stagnation hole* dengan pressure transducer untuk high.

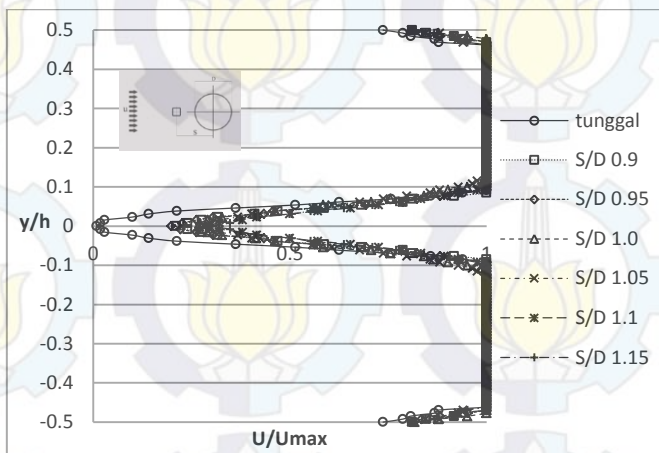
Pengukuran frekuensi *vortex shedding* menggunakan *Hot Wire Anemometer* (HWA) dengan peletakan sensor $x/D = 3,5$ dan $y/D = 1$. Sinyal dari sensor direkam menggunakan DAQ PRO kemudian ditranformasi ke domain frekuensi dengan software sigview 2.21. hingga dirubah menjadi FFT sehingga dapat dibaca Frekuensi yang paling dominan.

III. ANALISA DAN DISKUSI

Dari penelitian ini didapatkan beberapa data yang mampu menggambarkan karakteristik aliran yang melintasi silinder sirkular yang diberi pengganggu dengan 5 bentuk variasi yaitu tipe A, tipe B, tipe C, tipe D, dan tipe E. Tekanan kontur merupakan salah satu analisa yang dapat dilakukan dengan cara mengukur tekanan pada kontur silinder utama. Grafik tekanan kontur dapat dilihat pada gambar 4.

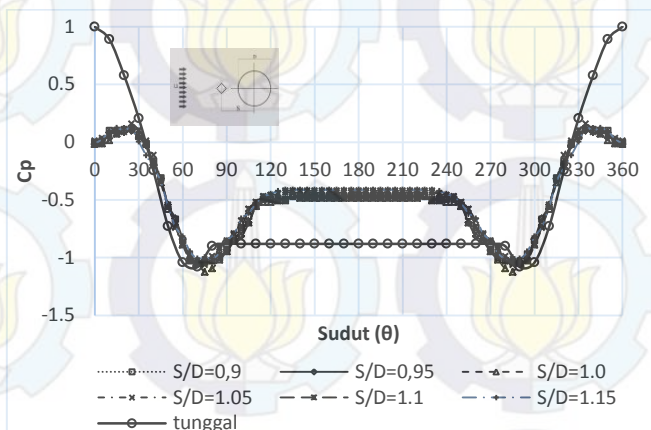


Gambar 4 Distribusi tekanan silinder sirkular berpengganggu tipe-A pada S/D 0,9-1,15

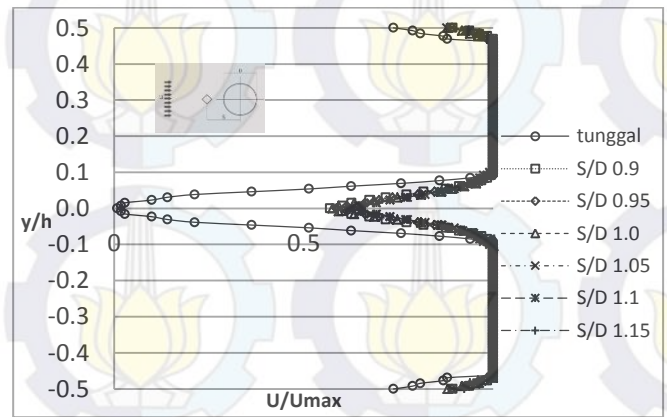


Gambar 5 Profil Kecepatan silinder sirkular berpengganggu tipe-A pada S/D 0,9-1,15

Dengan adanya penambahan pengganggu menyebabkan shear layer silinder pengganggu tipe-A memberikan gangguan terhadap boundary layer silinder sirkular. Pada daerah *upperside* dan *lowerside* silinder sirkular, shear layer akan bercabang menjadi dua. Shear layer yang menuju depan disebut forward shear layer dan yang menelusuri kontur silinder disebut backward shear layer. Pada bagian *upperside*, *forward shear layer* mengalami perlambatan dilihat dari gambar 4 kira-kira terjadi pada sudut kontur 0° sampai 20° . Begitu juga pada bagian *lowerside*, *forward shear layer* mengalami perlambatan pada sudut kontur 360° sampai 340° . Pada gambar 5 juga terlihat bahwa *backward shear layer* mengalami percepatan sampai pada tekanan minimum dan kecepatan maksimum terjadi sekitar pada sudut kontur 80° dan 280° kemudian separasi terjadi pada sudut kontur 130° sampai 230° yang ditunjukkan dengan konstannya nilai koefisien tekanan.

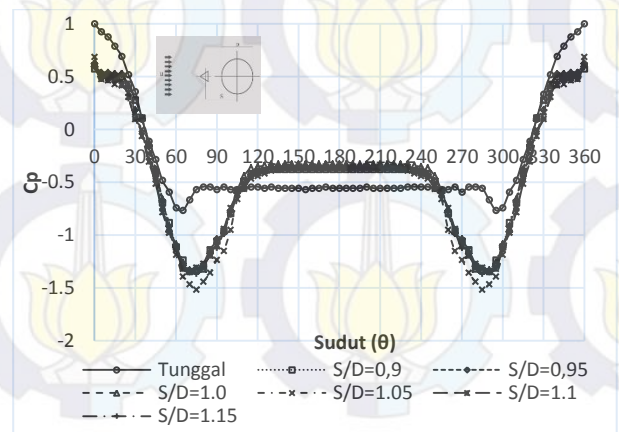


Gambar 6 Distribusi tekanan silinder sirkular berpengganggu tipe-B pada S/D 0,9-1,15

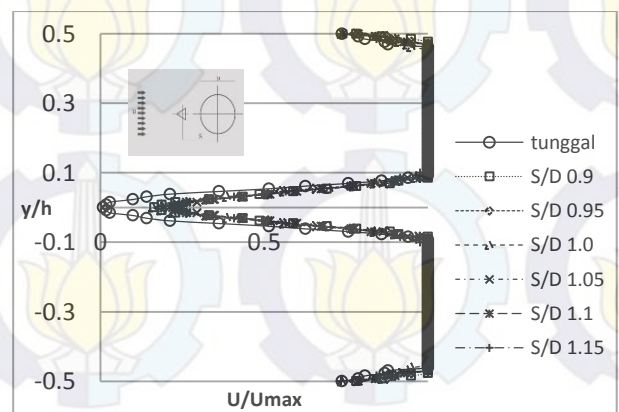


Gambar 7 Profil Kecepatan silinder sirkular berpengganggu tipe-B pada S/D 0,9-1,15

Pada gambar 6 dan gambar.7 bagian *upperside*, *forward shear layer* mengalami perlambatan dapat dilihat terjadi kira-kira pada sudut kontur 0° sampai 30° . Begitu juga pada bagian *lowerside*, *forward shear layer* mengalami perlambatan pada sudut kontur 360° sampai 330° . Selanjutnya pada *backward shear layer* mengalami percepatan sampai pada tekanan minimum dan kecepatan maksimum terjadi pada sudut kontur 70° dan 290° kemudian separasi terjadi pada sudut kontur 135° sampai 225° yang ditunjukkan dengan konstannya nilai koefisien tekanan.

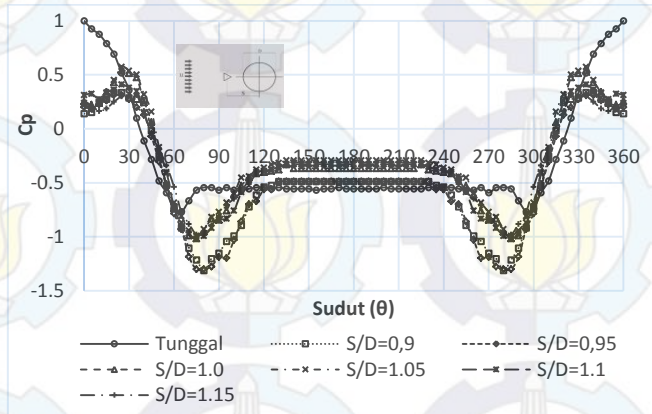


Gambar 8 Distribusi tekanan silinder sirkular berpengganggu tipe-C pada S/D 0,9-1,15

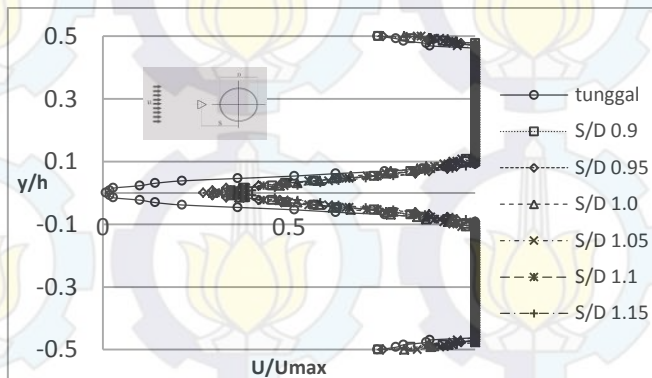


Gambar 9. Profil Kecepatan silinder sirkular berpengganggu tipe-C pada S/D 0,9-1,15

Pada gambar 8 dan gambar 9 dapat menjelaskan bagian *upperside*, *forward shear layer* mengalami perlambatan dilihat dari gambar 8 Pada jarak S/D 0,9-1,15 pada bagian *upperside*, *forward shear layer* tidak mengalami perlambatan. Begitu juga pada bagian *lowerside*, *forward shear layer* tidak juga mengalami perlambatan. Selanjutnya pada *backward shear layer* mengalami percepatan sampai pada tekanan minimum dan kecepatan maksimum terjadi pada sudut kontur sekitar 70° dan 290° kemudian separasi terjadi pada sudut kontur 135° sampai 225° yang ditunjukkan dengan konstannya nilai koefisien tekanan.

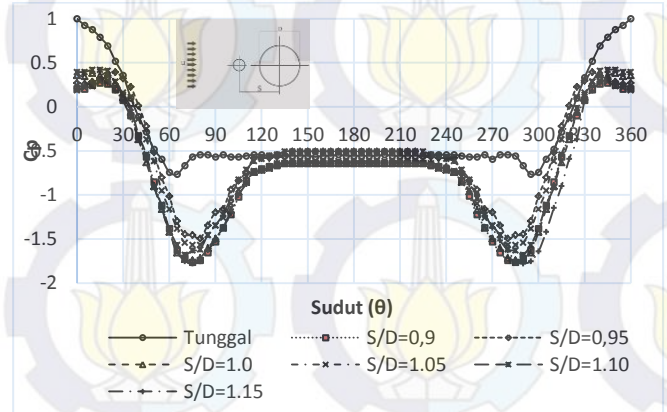


Gambar 10. Distribusi tekanan silinder sirkular berpengganggu tipe-D pada S/D 0,9-1,15

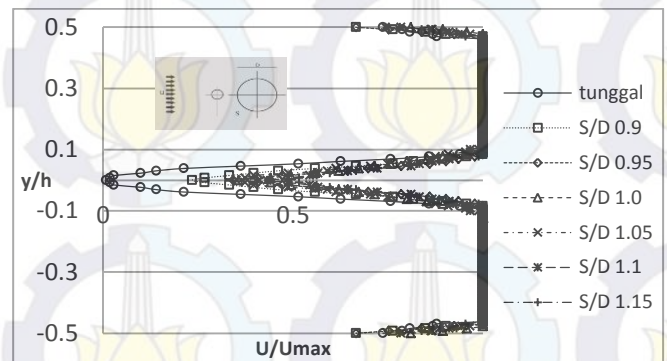


Gambar 11. Profil Kecepatan silinder sirkular berpengganggu tipe-D pada S/D 0,9-1,15

Pada gambar 10 dan gambar 11 menjelaskan bahwa daerah *upperside* dan *lowerside* silinder sirkular, shear layer akan terdefleksi menjadi dua arah. Shear layer yang menuju depan disebut *forward shear layer* dan yang menelusuri kontur silinder disebut *backward shear layer*. Pada bagian *upperside*, *forward shear layer* mengalami perlambatan dilihat dari gambar 10 terjadi sekitar sudut kontur 0° sampai 25° . Begitu juga pada bagian *lowerside*, *forward shear layer* mengalami perlambatan dilihat dari gambar 10 pada sudut kontur 360° sampai 335° .

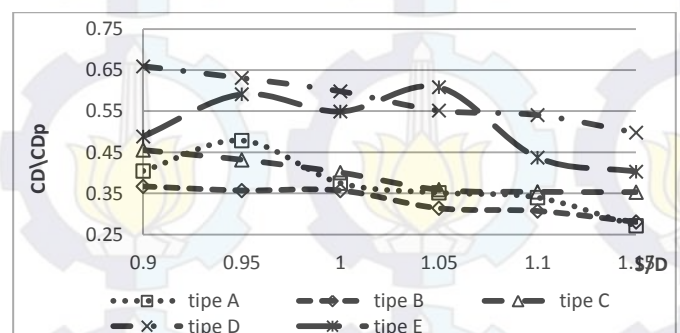


Gambar 12. Distribusi tekanan silinder sirkular berpengganggu tipe-E pada S/D 0,9-1,15



Gambar 13. Profil Kecepatan silinder sirkular berpengganggu tipe-E pada S/D 0,9-1,15

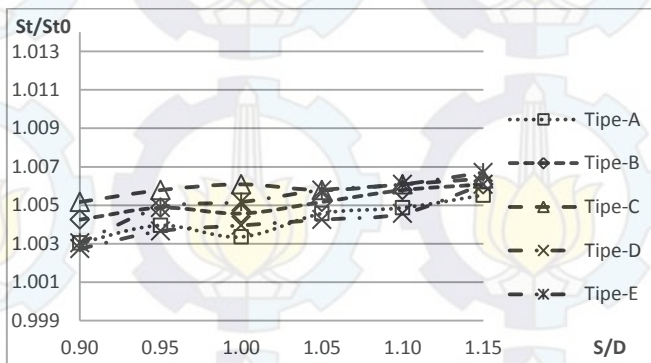
Pada gambar 12 dan gambar 13 dapat menjelaskan bahwa bagian *upperside*, *forward shear layer* mengalami perlambatan dilihat dari gambar 12 terjadi sekitar sudut kontur 0° sampai 25° . Begitu juga pada bagian *lowerside*, *forward shear layer* mengalami perlambatan pada sudut kontur 360° sampai 335° . Selanjutnya pada *backward shear layer* mengalami percepatan sampai pada tekanan minimum dan kecepatan maksimum terjadi pada sudut kontur 75° dan 285° kemudian separasi terjadi pada sudut kontur 140° sampai 220° yang ditunjukkan dengan konstannya nilai koefisien tekanan. Hal ini mengindikasikan pada kelima bodi pengganggu terjadi fenomena cavity mode, dimana pada penelitian Lee Sang Joon, dkk. (2004) fenomena cavity mode terjadi ketika nilai CP kurang dari satu pada sudut kontur silinder sirkular sama dengan 0° ($\theta = 0^\circ$) dan penelitian Tsutsui dan Igarashi. (2002) menyebutnya sebagai quasi-static vortex (pattern B).



Gambar 14. Grafik gabungan nilai C_{Dp} / C_{Dp0} silinder berpengganggu dengan S/D 0,9-1,15

Dari pengambilan data penelitian diperoleh adalah nilai koefisien gaya drag akibat tekanan, nilai perbandingan $\frac{C_{Dp}}{C_{Dp0}} < 1$ hal ini menunjukkan bahwa adanya kelima tipe pengganggu mampu menurunkan gaya drag.

Pada gambar 14 terlihat bahwa trendline grafik tiap pengganggu memiliki nilai C_{Dp} dan karakteristik yang berbeda-beda, pada gambar 14 terlihat nilai C_{Dp} paling tinggi ada pengganggu tipe-D jika dibanding dengan pengganggu tipe-A, B, C, dan E, sedangkan C_{Dp} paling rendah terjadi pada pengganggu tipe-B.



Gambar 15. Grafik *Strouhal Number* silinder berpengganggu dibanding *Strouhal Number* silinder tunggal sebagai fungsi jarak (S/D)

Pada gambar 15 dapat dibandingkan nilai *Strouhal number* setiap pengganggu. Dimana pada gambar di atas *Strouhal number* silinder berpengganggu dibandingkan dengan silinder tunggal memiliki nilai lebih besar satu. Nilai ini mengindikasikan bahwa pemberian pengganggu tipe A hingga tipe E efektif untuk menurunkan gaya Drag. Selain itu, dari gambar di atas juga dapat diketahui bahwa secara umum *Strouhal number* yang paling tinggi yaitu pada pengganggu tipe C.

IV. KESIMPULAN

Dari analisa dan diskusi tentang hasil eksperimen aliran fluida melintasi silinder sirkular yang diberi 5 jenis pengganggu yang tersusun secara tandem dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Variasi lima jenis tipe pengganggu yang diletakkan dibelakang silinder mempengaruhi karakteristik aliran melintasi silinder berpengganggu terhadap gaya drag dan nilai *Strouhal Number*.
2. Variasi jarak S/D sangat mempengaruhi karakteristik aliran melintasi silinder berpengganggu terhadap nilai *Strouhal Number* dan gaya drag yang diteliti pada penelitian ini.
3. Pada penelitian ini dilakukan menggunakan *Reynolds Number* $5,3 \times 10^4$ dengan variasi S/D 0,9-1,15 didapatkan pengurangan gaya drag pressure paling efektif sebesar 71,95% yang terjadi pada pengganggu tipe-B pada jarak S/D 1,15 dengan nilai C_{Dp} 0,2138.
4. Pada penelitian ini dilakukan menggunakan *Reynolds Number* $5,3 \times 10^4$ dengan variasi S/D 0,9-1,15 didapatkan pada pengganggu tipe-C dengan

jarak S/D 1,15 mempunyai nilai *Strouhal number* sebesar 0,218.

5. Pada nilai *Strouhal number* paling tinggi terjadi pada pengganggu tipe-C pada jarak S/D 1,15 hal ini terjadi ketidaksesuaian dengan penurunan nilai C_{Dp} paling rendah pada pengganggu tipe-B S/D 1,15, seharusnya nilai C_{Dp} berbanding terbalik dengan nilai *Strouhal Number* pada tipe pengganggu dan jarak S/D yang sama hal ini dikarenakan pada saat pengambilan data terjadi kesalahan pembacaan atau ketelitian yang masih kurang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterimakasih kepada Allah SWT dan Rasulullah, dosen pembimbing Prof. Dr. Ir. Triyogi Yuwono, DEA orang tua dan seluruh pihak yang telah membantu dan seluruh staf jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya yang telah memberikan banyak bimbingan serta bantuan kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rizal, N.R. 2010. *Rancang Bangun Hot Wire Anemometer Single Normal Probe Untuk Mengukur Bilangan Strouhal Pada Karakteristik Aliran Di Belakang Silinder Sirkular Yang Diganggu Silinder Teriris Tipe-I*. Tugas Akhir Teknik Mesin ITS: Surabaya.
- [2] Sang-Joong Lee, Sang-Ik Lee, dan Cheol-Woo Park. 2004. *Reducing The Drag On a Circular Cylinder By Upstream Installation Of a Small Control Rod*. Journal of Wind Engineering And Industrial Aerodynamic.
- [3] Stern. 2009. *Intermediate Fluid Mechanics*. Germany.
- [4] Triyogi, Y, D. Suprayogi, dan E. Spirda. 2009. *Reducing the Drag on a Cyclinder by Upstream Installation of an I Type Bluff Body as Passive Control*, Journal MechanicalEngineering Science, Vol 223 Part C, Page Paper 2291- 2296.
- [5] Tsutsui, T dan Igarashi, T. 2002. *Drag Reduction on Circular*